

FISIOPATOLOGIA DO FRÊMITO TÓRACO-VOCAL

JOSÉ BARROS MAGALDI

“Si la médecine n'est pas une science exacte, cela est dû en grande partie aux médecins eux-mêmes, qui ont substitué à la méthode analytique expérimentale, strictement appuyée sur les données des sciences exactes, une sorte de méthode déductive qui prend souvent comme base des hypothèses tirées de l'observation empirique. A mon avis, la cause de cette erreur doit être recherchée dans l'éducation professionnelle qui fait du médecin un paralogiste pour lequel les symptômes cliniques, au lieu d'être l'expression objective et raisonnée d'un phénomène physique ne traduisent que des suppositions d'ordre biologique”

PARODI

GÊNESE. PROPAGAÇÃO. PERCEPÇÃO.

1 — O ar expulso do pulmão atravessa bruscamente uma fenda balisada pelas cordas vocais e colocada como passagem entre duas cavidades amplas: a traquéia, distal, e o rinofaringe, proximalmente.

Ora, toda vez que um fluido passa, sob pressão, de uma cavidade para outra de maior secção, produzem-se movimentos turbilhonados que geram vibrações. Quando a frequência dessas vibrações é suficiente ouve-se um som musical se elas forem isócronas; se forem anisócronas escuta-se um rumor, que nada mais é que um conjunto de sons musicais discordantes.

O que se produz na laringe como um rumor ou como um som, conforme é ciciado ou falado, chama-se voz. A voz com timbre musical nítido é o canto.

Rumor, som, canto passam por cavidades que funcionam como ressoadores — boca e fossas nasais — e aí vão ser modificados pelos lábios, língua, dentes, paladar mole, bochechas afim de darem propagação vogal ou consonantal.

2 — Ao mesmo tempo, na laringe, formam-se ondas acústicas que progridem em sentido oposto ao da voz. Essas ondas são longitudinais, pois em um sistema tubular, em que ha fluidos, a formação e propagação do som só se podem dar por contrações e dilatações desse fluido no sentido longitudinal (fig. 1).

As vibrações longitudinais produzidas caminham para a porção distal do sistema tráqueo-brônquico. Nascidas na traquéia e no principio dos grandes brônquios elas se propagariam em todas as trez

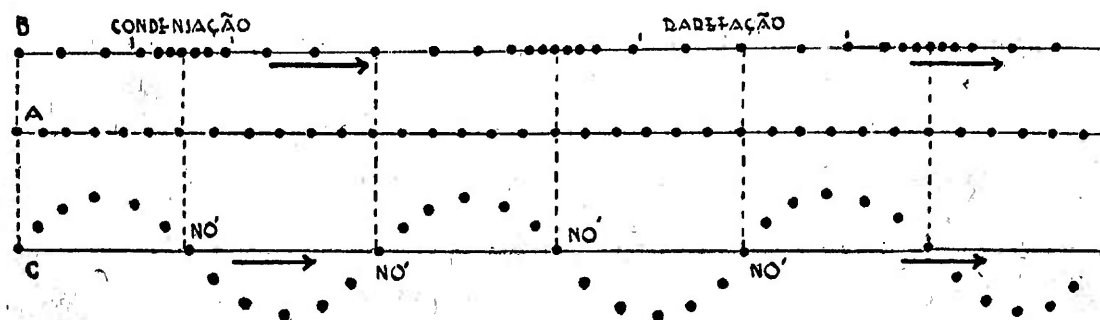


FIG. 1

- A — Moléculas de um determinado meio, em repouso.
 B — Ondas longitudinais: condensações e rarefações longitudinais.
 C — Ondas transversais: deslocamentos latitudinais.

direções espaciais se as estruturas físicas o permitissem. Mas apenas no interior dos canais aéreos ha meio adequado para seu andamento: então apenas por aí elas transitam. Seguirão um trajeto determinado pelos brônquios primeiro, depois pelos brinquíolos, até atingirem a massa alveolar. Daqui passam para a parede torácica transmitindo-lhe o movimento vibratório que a mão recolhe como um frêmito.

3 — Entretanto, a frequência com que vibra a parede não é igual à do som emitido: é menor. Logo, não são as vibrações vocais em si as produtoras da oscilação parietal, mas alguma outra coisa que só dela se pode derivar, que não ha frêmito sem voz. Marcando mais dir-se-á que o frêmito não é um fenômeno da voz mas um seu epifenômeno.

4 — O tom emitido nunca é puro: ao fundamental juntam-se outros de frequências maiores e menores, chamados tons parciais.

Ora, quando em um mesmo ponto do espaço se produzem vibrações, acontecem interferências entre elas, com reforços e enfraquecimentos periódicos. Aos reforços dá-se o nome de *batimentos*. Seu número, por segundo, é igual à diferença de frequência entre os sons. Assim, entre um som de 256 vibrações por segundo e um de 265 haverá, nesse mesmo tempo, 9 batimentos (Fig. 2).

A frequência dos batimentos é, como se vê, menor que a do som fundamental e que a dos parciais.

Pois bem, *esses batimentos determinam a vibração da parede torácica e são a causa do frêmito*.

O fato é semelhante ao que ocorre quando, em um violino ou violão, se tange uma corda: a caixa de ressonância convibra, mas não coincidem os seus períodos com os da corda.

Para que a parede torácica produzisse tantas oscilações quantas as que tem o tom vocal era necessário que tivesse uma constituição

física homogênea, um índice de elasticidade alto e uma inércia muito pequena para poder ocupar rapidamente, na mesma frequência do tom vocal, duas posições diferentes no espaço. Estes atributos permitiriam uma perfeita travacão harmônica entre voz e vibração torácica. Mas tal não ocorre.

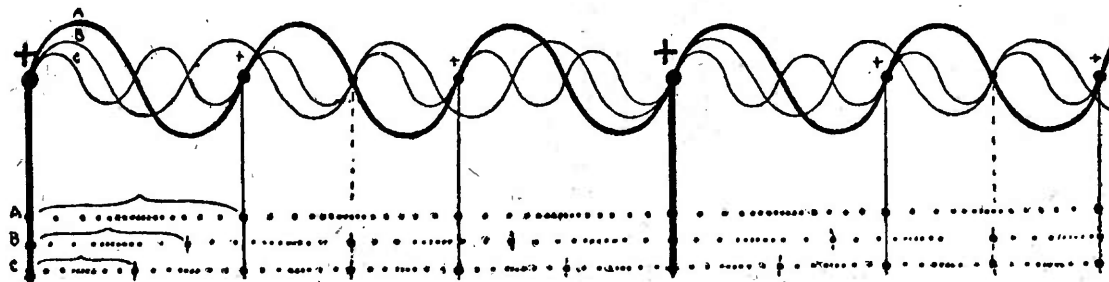


FIG. 2

Em cima — Batimentos de intensidades várias, em ondas transversais. Em baixo — Idem, em ondas longitudinais.

As letras indicam ondas de mesma frequência. Repare-se que em ambos os sistemas ondulatórios ha coincidência perfeita dos batimentos.

As sinusoides resultam do conjunto das posições das várias moléculas nos vários momentos, tal como na figura 1.

Em baixo os pontos representam moléculas.

Por outro lado, a parede é capaz de se deformar somente a um estímulo mais forte, que não o das vibrações vocais em si. Portanto para ela vibrar é necessário um estímulo de intensidade alta e de pouca frequência.

Os batimentos, gerados das interferências do som fundamental com extranhos, revestem-se destas duas condições essenciais: têm energia suficiente e são pouco frequentes. Ao seu compasso segue a parede: tantos sejam os batimentos, tantas serão as oscilações parietais.

O frêmito é uma consequência dos batimentos e variará com a mesma lei que o faz variar.

5 — Às vibrações vocais se soma, sem dúvida, o tom próprio que o pulmão é capaz de dar. Esse órgão, por consonância, reproduz um som para o qual está afinado, isto é, reforça um som de frequência igual ao que é capaz de emitir quando é solicitado por um esforço que o deforma.

Como a frequência pulmonar é pequena, a consonância sobrevem apenas quando é pequena a frequência vocal, isto é, na voz grave masculina. É lógico que assim seja, pois o registro masculino varia entre 120 e 150 vibrações por segundo e o da mulher entre 240 e 300. Sendo a frequência específica do pulmão de 90 a 140 por segundo a consonância só se dará com a voz que estiver nesses limites, a do homem.

Assim, além das vibrações brônquicas longitudinais progressivas, reforçadas por interferência de harmônicos e supertons, no homem, pela voz grave, ha reforço também pelas vibrações próprias do pul-

mão, cujo comprimento de onda se aproxima de muito do das ondas vocais: ha um reforço pela convibração pulmonar.

6 — No mecanismo de formação do frêmito deve ser mencionado o fator nasal. Quando o frêmito é produzido por sons nasais o fechamento das narinas, impedindo a prolação normal, atenua-o. Assim, mandando o doente dizer *tum* e depois fechando-lhe as narinas e fazendo-o repetir o mesmo som, obtêm-se frêmitos de intensidades diferentes.

7 — A vibração longitudinal imprime á parede uma convibração. Mas as ondas que percorrem um bronquíolo atingem-na apenas na porção que corresponde à projeção do pequeno distrito alveolar que é tributário desse bronquíolo, isto é, vibra na parede apenas a porção que está em contiguidade com os alvéolos que se abrem naquele canalículo bronquial. Isto mostra que *o frêmito é um fenômeno estritamente localizado*, o que dá alto valor propedêutico a este método de indagação das condições físicas do sistema bronco-pleuro-pulmonar.

a) O torax não tem elasticidade que lhe faculte vibrar como um todo. Não ha constituição física que lhe permita responder a uma vibração como uma peça única, mas ao contrário, funciona, do ponto de vista da mecânica vibratória, como um conjunto muito grande de partes que necessitam, para vibrar, cada qual de uma solicitação própria, especial.

Um sino vibra “in totum” quando se lhe percute, não importa em que parte. Uma só percussão na base, em um ponto estritamente localizado determina a convibração de todas as partes; não só vibram todas elas, mas vibram em uníssonio umas com as outras.

Tal não acontece com o torax: o choque em uma porção faz vibrar somente essa porção. Não ha, além disso, necessariamente, concordância de frequências entre as vibrações das várias partes.

b) Por isso, quando os movimentos vibratórios longitudinais, conduzidos por um bronquíolo, determinam a oscilação parietal, essa oscilação é localizada somente em um pequenino distrito. As vibrações desse distrito independem completamente das que ocorrem no que lhe é visinho e que são determinadas pelos fenômenos ocorrentes em outro bronquíolo. É justamente isso que permite o silêncio de uma porção da parede do peito quando o sistema tubular que aí vai ter está obstruído: a vibração das porções visinhas não se vem fazer sentir nesse ponto; não ha intromissão de qualquer outro estímulo que porventura pudesse surgir em campo. Somente o trazido pelo brônquio fechado seria idôneo para deflagar o frêmito. (fig. 3).

c) Como normalmente todos os bronquíolos são permeáveis e conduzem ar, e pois, vibrações longitudinais, o torax vibra como um conjunto, não porque tenha condições físicas para tal, mas porque os pequeninos segmentos que o compõem vibram com a mesma frequên-

cia e em fases sincrônicas, em virtude de serem êles todos, de per si, percutidos ao mesmo tempo por aquelas vibrações. Estas vibrações nascem na trípole tráqueo-bronquial (Cova) e se propagam a todos os recantos do sistema canalicular indo atingir, atravez das mais pequeninas ramificações, o parênquima e daqui a parede, determinan-

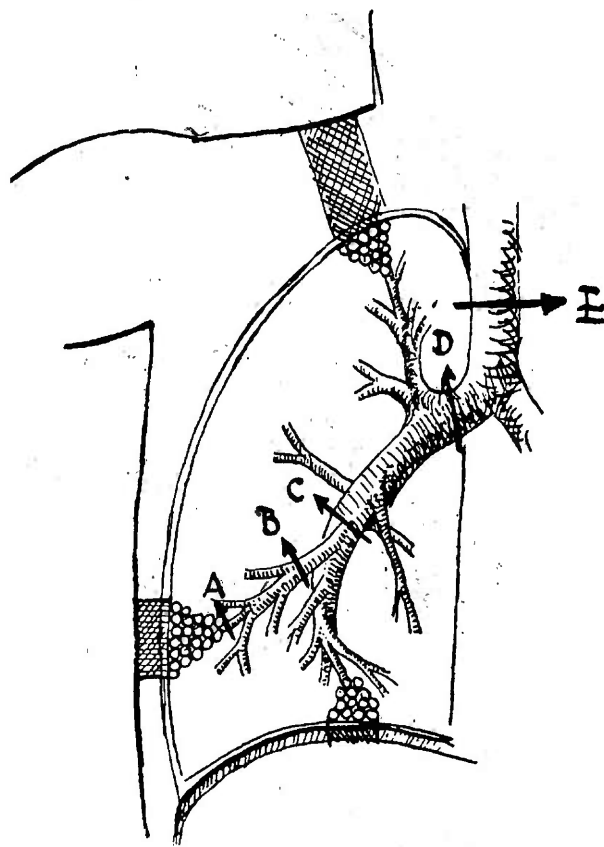


FIG. 3

do-lhe a vibração de cada segmento. Como em cada bronquíolo caminham pequenas porções de uma mesma frente de onda (fig. 4) compreende-se que em todos eles as vibrações sejam de mesmo período e pois de mesma frequência; que por consonância a parede só possa acompanhar essas vibrações no mesmo ritmo. Por outro lado, como o centro formador (fig. 4) das ondas não está no centro geométrico do conjunto, e como as ondas acústicas, num meio homogêneo como o que enche os tubos pulmonares — ar atmosférico — se propagam em ondas esféricas, apreende-se desde logo que uma mesma onda não vai atingir os vários segmentos da parede do peito simultaneamente, mas uns após outros. Então a onda O (fig. 4) atinge primeiro o ponto A, depois B, depois C e assim por diante. Mas quando a onda O atinge A, uma onda anterior O', que já passou por A, também chega a B; uma mais anterior ainda, O'', que já passou por A e por B, está tangendo C; outra, O''', que esteve em A, B, e C, atravessa D, etc.. Como todas elas estão na mesma fase,

pois que entre uma e outra vai um tempo constante, os pontos A, B, C, D,... oscilam também na mesma fase (1).

Com isto se explica que apesar de uma mesma onda não atingir simultaneamente toda a superfície do toráx, nem por isso deixam os segmentos integradores deste de vibrar em uníssono.

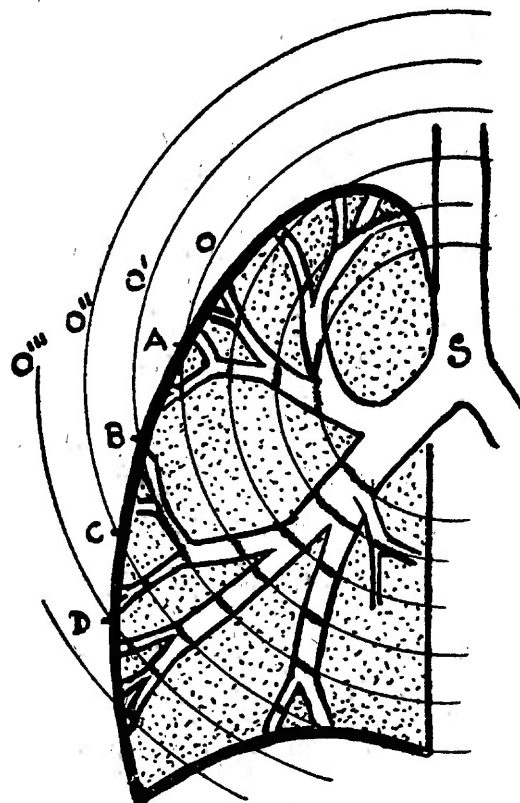


FIG. 4

Em resumo: 1.º) as vibrações das várias partes têm a *mesma frequência* porque o centro sonoro que as produz é único e suscita em todas essas partes o mesmo ritmo ondulatório; 2.º) têm a *mesma fase*, isto é, oscilam no mesmo sentido porque nos momentos em que são atingidas pelas ondulações, estas são isofásicas.

(1) Imagine-se um meio indefinido, o ar, por exemplo, em que se propaga um movimento vibratório nascido em S, (fig. 4-a) e seja Σ uma superfície de onda em um momento qualquer que tomamos para origem do tempo. Os diversos pontos A, B, C, D, E, desta superfície podem ser considerados como centros de vibrações. Posto isto, depois de um tempo t do momento considerado, a fase do movimento vibratório do ponto A se deveria encontrar sobre a superfície de uma esfera de centro A e de raio Vt . O mesmo se dá com os movimentos vibratórios dos pontos BCD... Portanto o estado vibratório que estava em Σ no tempo zero encontra-se unicamente, no tempo t , sobre a superfície esférica Σ' , distante de Σ de um comprimento Vt . Esta superfície Σ' é o envoltório das superfícies esféricas, descritas dos diversos pontos ABCD de Σ com raio Vt . Deve-se concluir que os movimentos nascidos dos pontos ABCD... se superpõem nos diversos pontos do espaço, ou como se costuma dizer, interferem de maneira tal que somente os pontos de Σ' possuem, no tempo t , a fase de movimento vibratório que tinha no tempo zero. (Ganot-Maneuvrier).

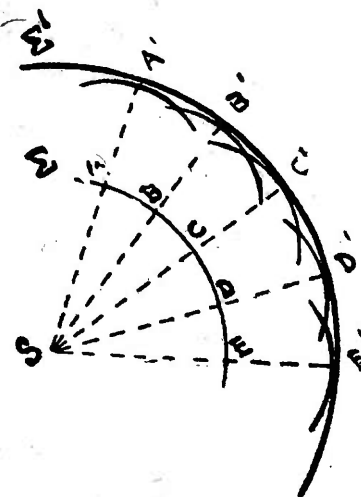


FIG. 4-A

d) Assim, como um corolário elegante, pode-se acentuar que a igualdade de frequências e de fases nas oscilações daqueles segmentos integradores não dependem da elasticidade do torax, no sentido da que possui um sino, mas decorrem meramente de serem todos esses segmentos alcançados por ondulações de igual fase e frequência.

8 — a) A propagação das ondas sonoras, em meio gazoso em repouso, se faz igualmente em todos os sentidos. Resulta disso que todos os momentos isofásicos, em todas as direções, se dão em posições tais que determinam uma esfera que é justamente o que se chama uma frente de onda. O centro dessa esfera é o próprio centro de emissão sonora. Como o ritmo ondulatório é constante, para uma emissora constante, deflue daqui que em qualquer ponto do espaço, na unidade de tempo, um observador recebe sempre o mesmo número de ondas e em todos esses pontos ouvirá sempre o mesmo som.

b) Mas, se em vez de se dar a propagação em um meio em repouso, se der onde ha deslocamentos de partes desse meio, as frentes de onda não mais serão esféricas. Uma corrente aérea acelera a progressão das ondas no sentido em que ela mesma progride e retarda as que caminham em sentido oposto (2). O resultado é que os pontos isofásicos se dão em distâncias diferentes do centro sonoro (fig. 5).

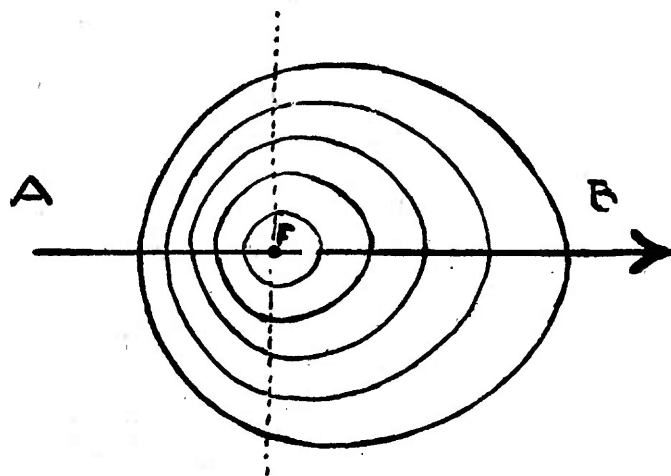


FIG. 5

A propagação para o hemisfério A se faz com mais dificuldade e a atenuação do som sobrevem em ponto mais próximo da fonte. Por isso o som que se propaga na direção do vento é ouvido mais longe que o que se propaga em direção oposta.

c) O frêmito sendo um epifenômeno da voz, que é fenômeno expiratório, só se produz na expiração. Nesse momento respiratório as ondulações que o determinam percorrem os brônquios em sentido completamente oposto ao do ar compelido para fóra pela elasti-

(2) A velocidade da onda não varia em relação ao meio. Mas como este se move, aquela velocidade se acresce ou decresce da velocidade deste.

cidade e contração muscular do parênquima. Ha então uma resistência oferecida à propagação ondulatória que dá como resultado uma minoração na intensidade dessas ondulações. Elas chegam à periferia do órgão muito mais surdas do que o seriam se progredissem na mesma direção do ar, se se produzissem na inspiração.

É este, sem dúvida, um fator de importância no amortecimento dos elementos desencadeantes do frêmito e oriundo da sua natureza expiratória (3).

Vai-se vêr mais longe que a ausência deste impecilho, permitindo facil propagação é uma das causas de se exaltar esse fenômeno nas condensações pulmonares. Em verdade, a função respiratória nestas eventualidades está diminuída e a corrente expiratória é fraca.

9 — Normalmente o conjunto de alvéolos funciona como amortecedor e impede que as ondas se propaguem de um modo mais intenso. São como uma série muito grande de cortinas, cada uma delas absorvendo uma parte do som e deixando passar outra. Com a reflexão e refração das ondas chega-se a um silêncio quasi completo. Note-se ainda que a grande diferença de densidade entre ar e tecido alveolar é fator, por si só, suficiente para atenuar de muito o movimento vibratório, que exige, para seu bom andamento, meios homogêneos.

10 — No parênquima as condições ótimas para que vibre com intensidade e frequência altas se encontram no máximo da inspiração porque, nesta fase do ciclo respiratório, os alvéolos estão distendidos e tensos. Na expiração diminuem de volume e as paredes se tornam flácidas, pouco aptas para vibrarem.

Se se pesquisar o frêmito no início e no fim de uma expiração que se faça imediatamente depois de uma inspiração forçada, ver-se-á que no primeiro caso ha maior intensidade de vibração parietal que no segundo.

11 — Normalmente estão as folhas pleurais conchegadas de tal maneira que é virtual o espaço que confinam. Decorre disto que ambas funcionam como uma, do ponto de vista acústico, recebendo em conjunção e em conjunção transmitindo as vibrações que lhes chegam.

Se causas estranhas quebrarem esta harmonia de ação, quer pelo espessamento das pleuras, quer pela intromissão de líquidos e gases por entre elas, então serão outras as condições acústicas locais: sob outras leis se dará a transmissão vibratória.

12 — Frizámos bastante a insuficiência de condições da parede para responder com presteza e intensidade às sollicitação trazidas por miríades de pequeninos brônquios.

(3) Na fórmula $I = \frac{1}{2} mv^2$ a intensidade varia com o quadrado da velocidade. Se houver impecilho na propagação, v diminue e I diminue também.

Entretanto, dentro dos limites desta insuficiência, podem-se lograr condições que permitam o ótimo de percepção. Em verdade, um torax descarnado, sem músculos e sem desenvolvimento excessivo do tecido adiposo, transmitirá melhor e vibrará com maior intensidade que outro com muito músculo e muita adiposidade.

13 — É um fato de observação frequente que as excitações continuas agem muito mais nos momentos iniciais e finais que no tempo que medeia entre esses dois momentos. Assim, um músculo submetido a uma corrente elétrica só se excita no fechamento e na abertura dessa corrente. Entre êsses dois eventos êle permanece em repouso.

Dubois-Raymond definiu o excitante como toda a mudança brusca de energia. Em verdade, se essa mesma corrente crescer lentamente na sua intensidade ela ultrapassa de muito o limiar de excitabilidade sem determinar resposta. Não houve mudança brusca, e pois, não houve excitação.

Todo o tecido tem capacidade de se adaptar aos excitantes que o atingem. No caso de o excitante ir crescendo lentamente vai o tecido se adaptando continuamente, de tal modo que como não ha variação brusca não ha tambem resposta.

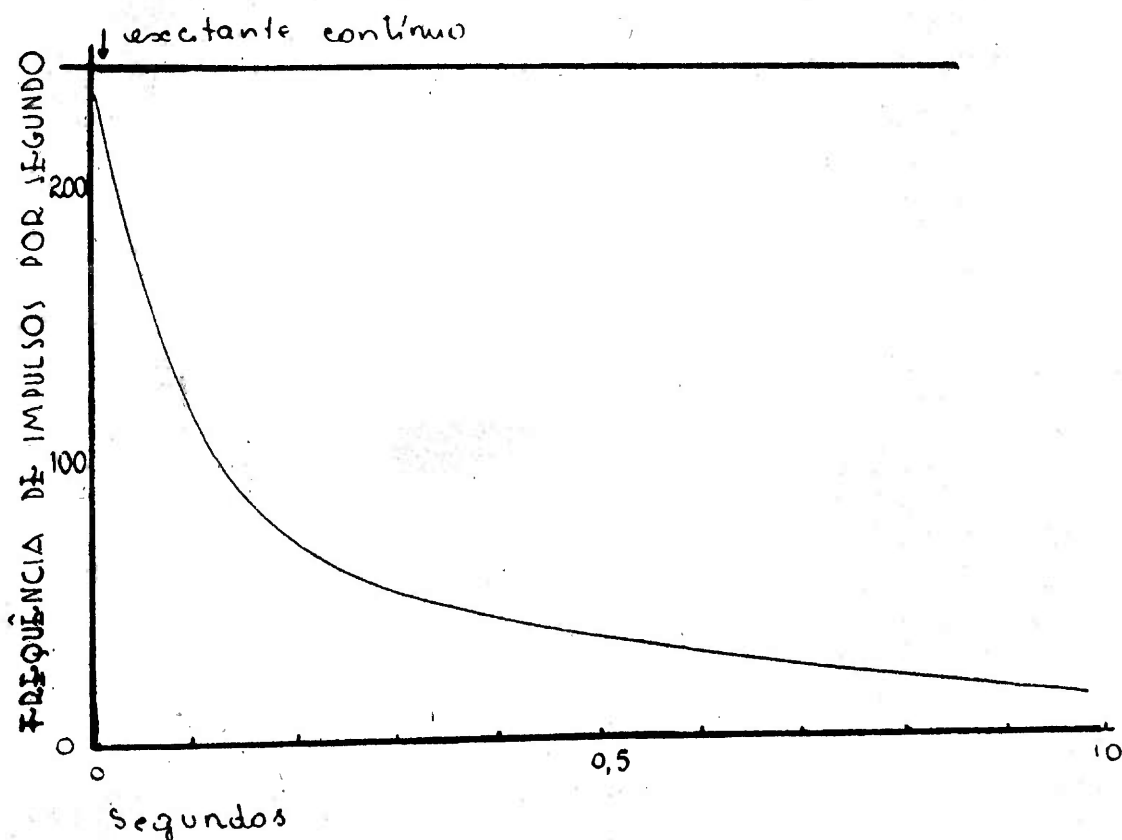


FIG. 6

14 — Os órgãos dos sentidos, encarregados de recolher os estímulos que provêm do meio exterior ou do próprio organismo obedecem também a essa lei de adaptação.

Se se registrarem as correntes de ação de um nervo sensitivo que provenha de um setor da pele, durante a ação de um excitante contínuo, um pêso, por exemplo, vê-se que o número de influxos nervosos que o percorrem vai decrescendo à medida que o tempo passa. Quando se apoia sobre a polpa do dedo do gato um pequenino disco de vidro, pelo nervo sensitivo correspondente passam, no primeiro décimo de segundo uma quantidade de estímulos que é muito maior que a que passa no quinto seguinte. Depois de um segundo deixam de transitar correntes, por adaptação completa do órgão estimulado ao estimulante. Num gráfico representar-se-iam esses dados do seguinte modo (fig. 6).

15 — Mas se em vez de um estímulo contínuo usarmos uma série de estímulos da mesma intensidade, que se sucedam um ao outro, teremos como efeito, em cada excitação isolada aquilo que obtemos no

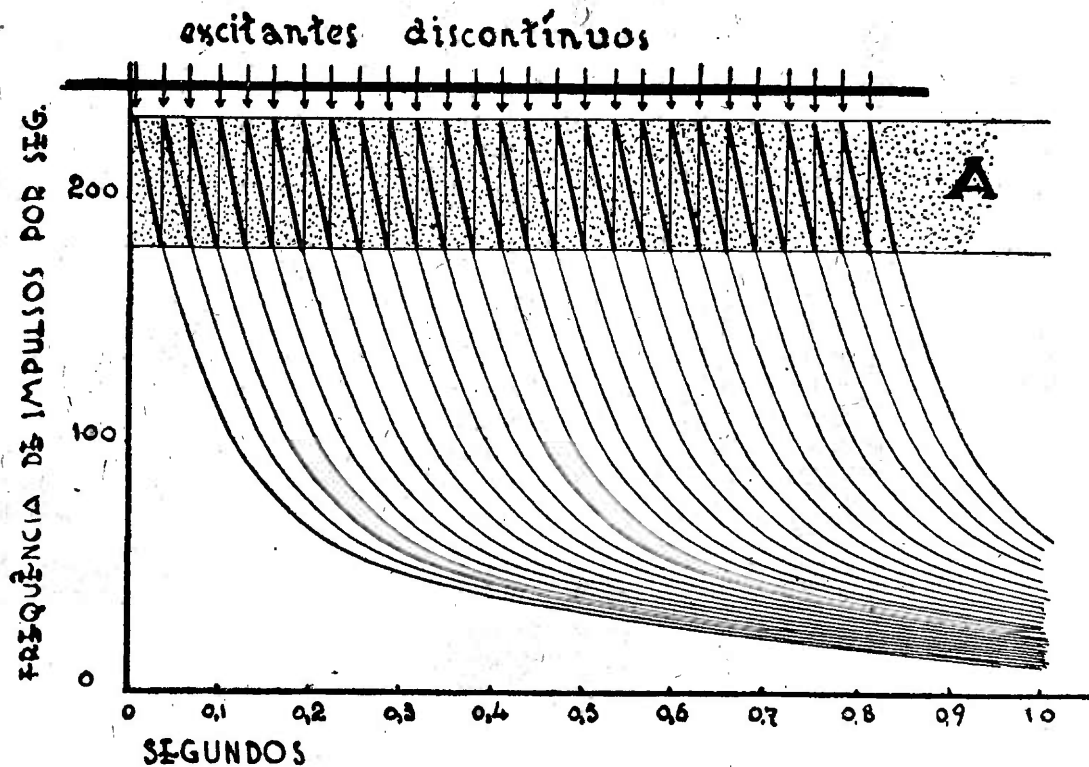


FIG. 7

A — Faixa de percepção mantida em nível alto por excitações descontínuas.

início das excitações contínuas. A resposta a êsse conjunto de excitações corresponde à somação de uma série de respostas iguais às dos inícios das excitações contínuas, isto é, de uma série de respostas iguais às máximas que, com aquela intensidade de excitante, o órgão pode dar (fig. 7).

Compreende-se assim muito claramente que um conjunto de excitações agindo sobre um tecido durante um certo tempo impressiona mais êsse tecido que um excitante de igual intensidade e duração, mas contínuo.

16 — Quando a frequência dessas excitações é muito grande o conjunto funciona quasi como um excitante único. Além da discontinuidade é necessário que haja entre cada excitante um espaço de tempo não pequeno demais.

Por isso mostra a psicologia experimental que, dentro de certos limites, *as excitações chegam tanto mais nitidamente à percepção quanto mais são descontínuas.*

Os apitos com bôlinha dão som muito mais audível que os que não a têm porque dão som descontínuo. Os vórtices aéreos movimentam essa bôlinha e determinam oclusões passageiras do orifício de entrada de ar.

Quando se apalpam os diapasons que vibram, o tato percebe muito mais as vibrações dos que dão som grave, e portanto de pouca frequência, e portanto de maior discontinuidade que as dos que dão som agudo.

17 — O frêmito, sendo um conjunto de vibrações da parede, deverá ser percebido segundo as leis pregressas. *Será tanto mais perceptível quanto mais forem descontínuas essas vibrações.*

18 — Na figura 8 estão traçadas várias curvas. Em cima o limiar de sensibilidade tátil, em baixo o limiar de audibilidade. No meio a frequência e intensidade da voz humana.

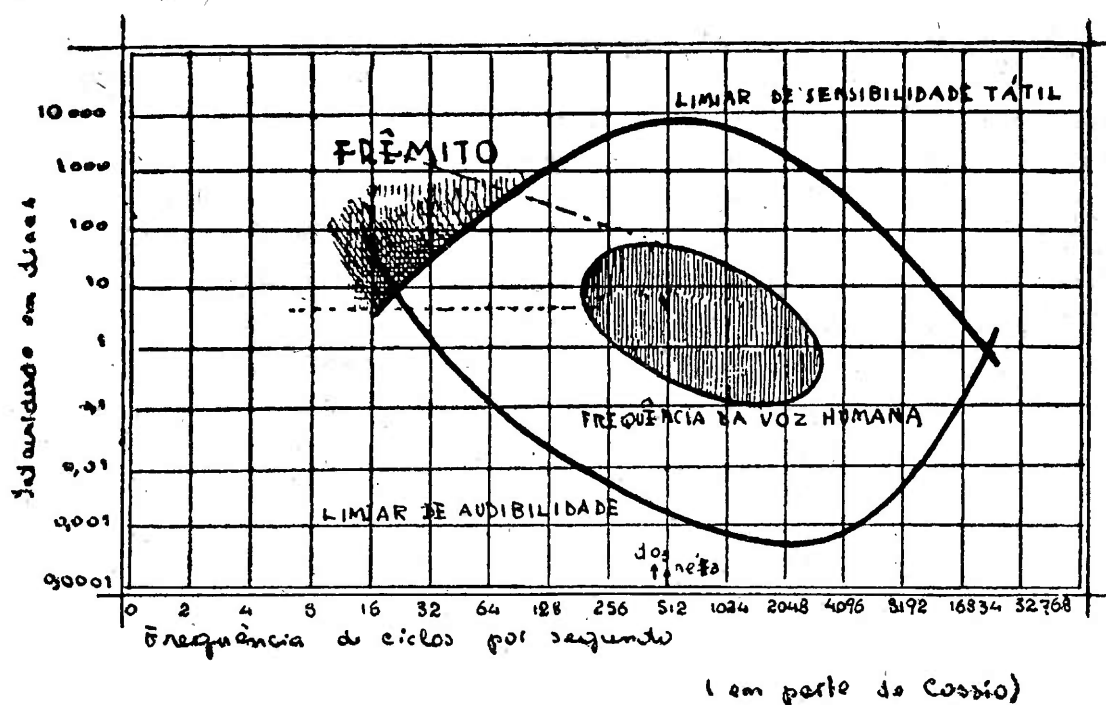


FIG. 8

Por esse esquema vê-se que a frequência da voz humana está sempre dentro das possibilidades de apreensão tátil. Mas sua intensidade nunca é suficiente para impressionar os corpúsculos nervosos encarregados dessa percepção. Mesmo quando a frequência é de 512 vibrações por segundo (mais ou menos ré 3 sustenido), quando

a intensidade é de 100 dinas (máxima) não ha percepção pelo tato. Os batimentos elevam a intensidade e diminuem a frequência. Mesmo sem acréscimo de intensidade, só o fato de deslocarem a frequência para a porção esquerda da curva torna perceptíveis os fenômenos vocais pelo tato.

19 — Podemos agora expor as condições ótimas normais para a percepção do frêmito tóraco-vocal.

1.º) Eficiência funcional do aparelho fonador.

O frêmito é determinado pelos batimentos; os batimentos se originam de vibrações vocais; as vibrações vocais se produzem na laringe: logo, sem sua eficiência funcional não haverá voz, nem batimentos, e pois, nem frêmito. De ver está que esta integridade é condição primeira, essencial.

2.º) Permeabilidade bronquial.

Se a progressão das ondas se faz dentro do sistema tubular do pulmão a permeabilidade é imprescindível e o frêmito será tanto mais intenso quanto mais amplo for o calibre do brônquio. É esta a razão maior de o frêmito ser mais intenso à direita: o brônquio desse lado é de secção maior e permite que maior porção de uma frente de onda (figs. 5 e 15) atinja a periferia. Com o consequente aumento de energia aí chegada ha aumento de intensidade do frêmito determinado. É obvio que a quantidade de energia transmitida é proporcional ao calibre. Como o frêmito é proporcional à energia que chega à parede, segue-se que tudo que aumente ou diminua a luz bronquial o exalta ou minora (4).

3.º) Parede com capacidade ótima para vibrar.

Quanto menos homogêneo é um meio, mais dificuldade êle oferece à passagem de um movimento vibratório, porque a reflexão e refração das ondas, o que produz amortecimento, se dão somente quando elas passam de um a outro meio.

O tecido adiposo é, fisicamente, pouco homogêneo, pois é um conjunto de células grandes, cheias de gordura, recolhidas em lojas limitadas por folhas conjuntivas: é um abafador dos melhores para a propagação do som.

(4) Mais precisamente pode-se analisar o que se disse.

A intensidade de um som é medida pela *quantidade de movimento* imprimida ao meio no instante de excitação, para os sons instantâneos e pela *energia cinética*, isto é, a integral do primeiro, para os sons contínuos:

$$\text{para um som instantâneo, } I = mv = E'$$

$$\text{para um som contínuo } I = \frac{1}{2} mv^2 = E$$

sendo m a massa oscilante e v sua velocidade.

Nos casos intermediários $I = kmv \left(1 + \frac{1}{2}\epsilon\right)$, estando k entre $\frac{1}{2}$ e 1 e ϵ entre 2 e 1.

O estudo da fórmula mostra que I aumenta quando m aumenta. Um brônquio conduz, na unidade de tempo, uma massa que é diretamente proporcional ao seu calibre. É claro, pois, que quanto maior o brônquio maior massa m passa por êle, e portanto, maior intensidade, isto é, energia.

O tecido muscular funciona como abafador também.

Ora, se cada um destes principais componentes da parede do peito já é de si pouco homogêneo, a soma deles, com mais forte razão, dará um meio de homogeneidade ainda menor. Compreende-se que quanto menos músculo e tecido adiposo houver maiores serão as possibilidades de ser a parede homogênea e pois, de transmitir as vibrações.

No torax a distribuição de músculos e gordura subcutânea não é igual em todos os pontos. Fazendo-se abstração de outros fatores, por si só essa desigualdade condiciona diferenças nas intensidades do frêmito. Força é que deva de haver atenuação do fenômeno em apreço nas porções superiores e posteriores do peito, ricas em músculos; nas regiões mamárias das mulheres adultas, em que os seios, ricos em tecido glandular, acusticamente não homogêneo, funcionam como abafadores. Ao contrário, nas bases pulmonares o frêmito é nitidamente percebido porque aí é escasso o contingente músculo-adiposo.

4.º) Discontinuidade de vibrações.

Essa exigência é dada pelos batimentos. Onde houver mais sons espúrios, estranhos ao fundamental — supertons e harmônicos — aí haverá condições favoráveis para a produção de batimentos intensos. Isso se dá na voz grave do homem.

Os harmônicos são sons de frequência múltipla da do fundamental. Dentro do limites da audibilidade um som grave tem mais harmônicos que um som agudo. É claro.

Por outro lado, os tons de frequência próxima da do fundamental são também mais numerosos nos sons graves que nos agudos. É justamente por isto que o timbre áspero acompanha aqueles muito mais que estes, em virtude de se darem dissonâncias entre tom fundamental e tons estranhos.

Como os sons graves são os ricos em harmônicos e supertons segue-se que serão os mais ricos em interferências e portanto em batimentos. Então o *frêmito será mais perceptível nos homens que nas mulheres.*

Entre os homens, mais no “baixo”, depois no “baritono”, depois no “tenor”. Nas mulheres, mais no “contralto”, depois no “mezzo soprano”, depois no “soprano”

A voz aguda feminina, quando emite, por exemplo, um mi_5 , quasi pode ser considerada som puro, som simples. Por isso, praticamente, não gera frêmito perceptível.

5.º) Voz forte.

É preciso juntar ainda que a intensidade de vibração, para determinar resposta do torax, precisa de ser grande, de 10 a 100 dinas. A voz forte produz batimentos com essa força. E o *frêmito será tanto mais intenso quanto mais intensa for a voz*, pois naturalmente que se a emissão vocal se fizer de modo a não atingir o mínimo necessário, não haverá resposta parietal.

6.º) Proximidade do centro sonoro.

A intensidade do som e da luz são inversamente proporcionais ao quadrado das distâncias que existem entre a fonte sonora ou luminosa e o ponto de audição ou aclaramento observados.

Por essa lei é natural que o frêmito, que resulta de um movimento vibratório nascido na porção tráqueo-brônquica, varie também com a distância deste ponto às diversas regiões da parede onde é pesquisado.

Será mais intenso na laringe, em cujas porções ântero-laterais se percebe e depois na região posterior que se lhe opõe: as últimas vértebras cervicais e as primeiras dorsais.

Seguem-se as regiões próximas dos dois grandes brônquios e de sua bifurcação: na frente, a região infraclavicular e atrás, os espaços interescápulo-vertebrais.

Sobre a clavícula é menos intenso que na zona supraclavicular. No osso, mais perceptível onde é mais próximo da traquéia: no terço interno.

A medida que se afasta do centro sonoro vai decrescendo a intensidade do fenómeno. Teoricamente o frêmito de intensidade menor é oferecido pelas bases, enquanto os ápices o exibem menos intensamente que o espaço interescápulo-vertebral.

E' preciso reparar, no entanto, que não somente com a distância elle varia: a espessura da parede e a consonância pulmonar interferem. Se, na base, o afastamento da trípode tráqueo-brônquica condiciona minoração, a riqueza em tecido pulmonar, que ressoa com mais volume sonoro, e a pobreza relativa da parede em tecidos que lhe conferem heterogeneidade permitem a sua recepção sem a atenuação que sofre no ápice, em que as condições são exatamente as inversas.

Mas nas regiões axilares, todas ellas revestidas de mesma quantidade de músculos e tecido adiposo, o frêmito varia exclusivamente com o inverso do quadrado das distâncias entre parede e origem sonora, o que quer dizer que vai decrescendo, de acordo com a lei exarada, de cima para baixo.

Se o aumento do calibre do brônquio direito é o elemento de maior realce na exaltação do frêmito desse mesmo lado, nem por isso se deve deixar de mencionar que, para o incremento do fato no ápice direito, é razoavel levar em conta a sua proximidade immediata com a traquéia, o que se não dá no lado oposto, cujo ápice dela se afasta de cerca de trez centímetros, por interposição da aorta, esôfago, linfáticos e tecido areolar. A distância concorre aqui também para a produção dessa exaltação fisiológica.

20 — Neste quadro que se acabou de bosquejar divisam-se razões sobremaneira propícias para que o frêmito seja um elemento denunciante e localizador de alterações em um brônquio, nos bronquíolos em que este se divide, no parênquima pulmonar que lhe é conjugado, na porção pleural que lhe corresponde.

De feito, todos estes elementos anatómicos tomam parte na sua transmissão: as anormalidades que surgirem em qualquer destes pontos, com atenuar ou incrementar êsse fenômeno, afloram ao conceito diagnóstico com apreciável precisão.

DIMINUIÇÃO OU ABOLIÇÃO DO FRÊMITO

A) COMPONENTE TUBULAR: OS BRÔNQUIOS

Para que haja progressão das ondas deve estar livre o caminho: a permeabilidade bronquial é imprescindível.

1 — Raciocínio idêntico ao que vamos fazer para os aumentos da luz brônquial poderíamos fazer aqui afim de demonstrar como o estreitamento brônquico age na diminuição da intensidade do frêmito. Assim como a amplitude dos tubos permite que maior porção de uma frente de onda (fig. 15) atinja a parede, assim também a restrição da luz bronquial impede que a ela chegue a porção normal. Como consequência, chegando menor energia, são mais atenuados os efeitos

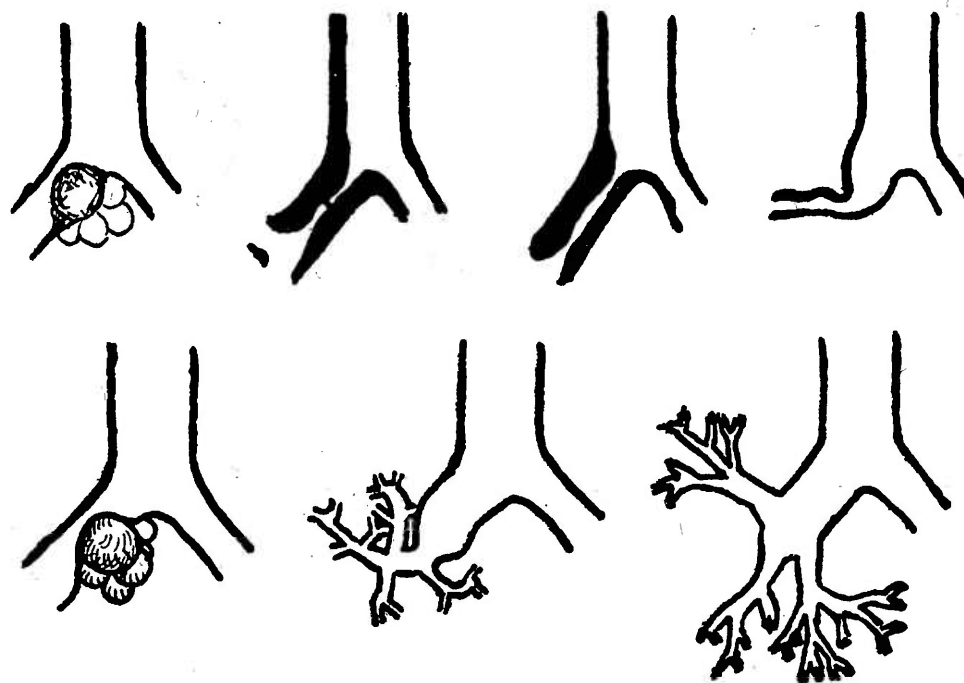


FIG. 9

Esquema de vários tipos etiológicos de estenose bronquial, segundo Eloesser (apud Palacio-Mazzei).

1 — Estenose intramural. 2 — Estenose mural: a) por bronquite caseosa; b) por hiperplasia da mucosa; c) por esclerose bronquial. 3 — Estenose extra-mural: a) por compressão ganglionar; b) por esclerose peribrônquica. 4 — Estenose difusa por bronquiolite obliterante.

mecânicos produzidos, isto é, a oscilação parietal. Sendo a quantidade dessa energia proporcional ao calibre bronquial claro é que o frêmito estará minorado ou abolido segundo haja impedimento total ou parcial dentro da luz.

2 — A luz do brônquio se fecha ou se restringe:

- a) quando nela penetram corpos estranhos, líquidos ou sólidos;
- b) quando da parede crescem elementos anormais, por inflamações ou por tumores;
- c) quando ha compressão da parede por tumorações externas ou escleroses peribrônquicas.

A figura 9 representa, segundo um esquema de Eloesser, vários tipos etiológicos de estenose bronquial.

Evidentemente essas causas podem agir em gráu variado e determinar desde leve obstrução até impedimento completo no trânsito bronquial.

De acordo com a localização do elemento obstruente varia a extensão da parede torácica em que não ha vibração: quanto mais proximal maior essa extensão.

Se atentarmos para a figura 3 veremos que, à medida que a obstrução passa de A a B, a C, a D, a E, essa área vai sendo cada vez mais ampla.

B) COMPONENTE PARENQUIMAL: OS ALVÉOLOS

A capacidade condutora de um corpo, para o som, varia, dentro de certos limites, com sua densidade: quanto menos densos tanto piores condutores acústicos.

Ora, quanto maior for a quantidade de ar no conjunto, tanto menor será a densidade desse conjunto.

Então o pulmão, corpo rico em gaz, será um máu condutor.

P

1 — Na fórmula $D = \frac{P}{V}$, em que D, P e V representam,

V

respectivamente, densidade, peso e volume, para que D diminua e condicione um parênquima máu condutor, é preciso:

- 1.º — que P diminua, V ficando constante;
- 2.º — que V aumente, P ficando constante.

Então a densidade do pulmão pode diminuir de dois modos:

- 1.º — por desaparecimento dos septos interalveolares;
- 2.º — por aumento do ar em relação ao parênquima.

2 — Essas duas hipótese encontram-se no efisema, em que ha diminuição do número de septos alveolares, confluência de vários alvéolos em uma só cavidade e consequente aumento relativo do conteúdo aéreo. Então a densidade diminue. Então o parênquima enfisematose conduz mal o frêmito: o brônquio lhe traz as ondulações mas ele não as transmite á parede.

Por outro lado a massa pulmonar sendo menor o reforço sonoro que dá por consonância é também menor.

3 — Na atelectasia ha justamente o contrario: diminuição do conteúdo aéreo com consequente aumento da densidade. O parênquima atelectásico tem densidade maior que a do pulmão normal. Entretanto o frêmito está abolido na porção parietal que lhe corresponde.

Para a compreensão deste fato é preciso lembrar não só da patogenia da atelectasia como da mecânica funcional deste parênquima.

Para que se constitua a atelectasia é necessário que seja expulso todo o ar alveolar. Isso se pode dar bruscamente, num reflexo (teoria nervosa) ou aos poucos, com lenta expulsão do ar. Neste último caso é necessária uma causa que impeça a entrada para o alvéolo e só permita a saída, isto é, uma causa que funcione como válvula. Esta causa é sempre uma obstrução bronquial.

As figuras 10-13 mostram, mais que palavras, como isso se dá.

Entende-se que o parênquima atelectasiado deve estar imovel e que é nula a sua função.

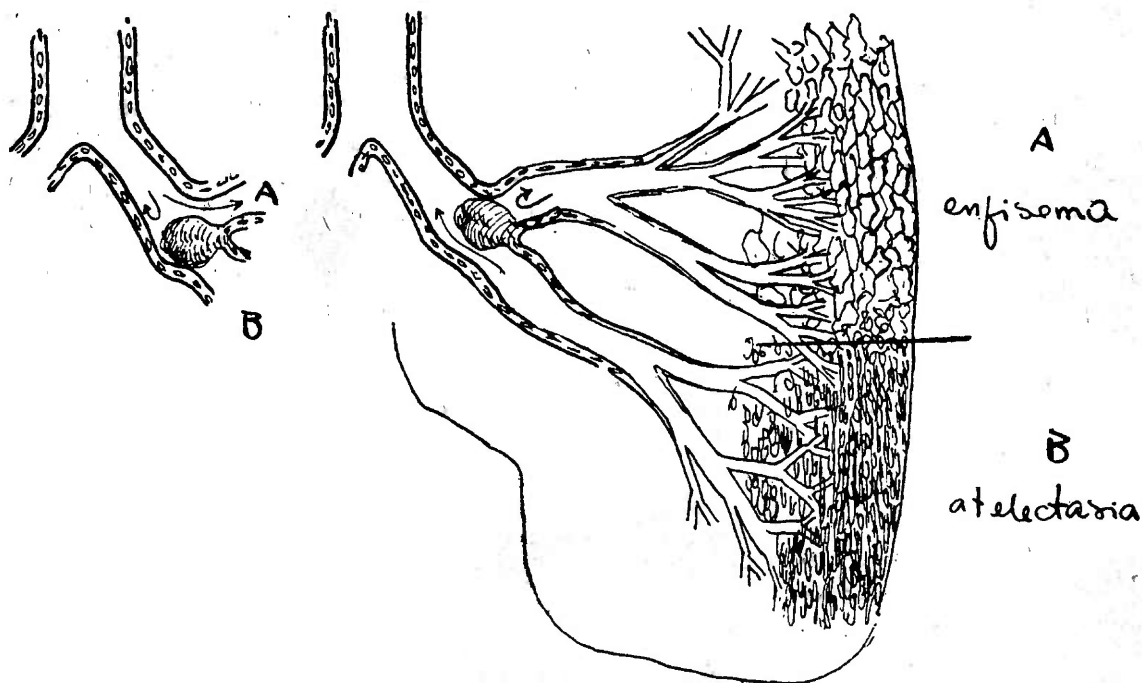


FIG. 10

Esquema de obstrução valvular por teratoma (em parte de Ch. Jackson). Em inspiração passa o ar para o brônquio A. Em expiração sai o ar do brônquio B. No território de A, enfisema, no de B atelectasia.

Aquela condição bronquial imprescindível, a permeabilidade, aqui está ausente. Por isso, na atelectasia, o frêmito está diminuído: o parênquima tem condições ótimas para conduzir as ondulações, mas estas não lhe chegam por incapacidade bronquial. Pode-se dar, entretanto, o fato de se acostar ao tecido assim densificado um dos grandes brônquios ou mesmo a traquéia. Como resultado ha um reforço do frêmito que transpassa destes tubos e progride através de um parênquima que apresenta condições de primacial qualidade para seu seguimento. Explica isto o se encontrar um reforço paradoxal do frêmito

quando o estado brônquico, por estenóse total ou parcial, deveria diminuí-lo ou apaga-lo.

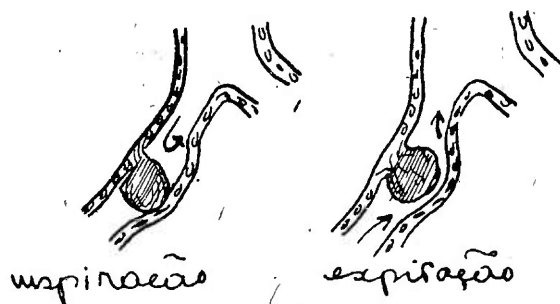


FIG. 11

Esquema de obstrução valvular inspiratória, com atelectasia consecutiva, por tumor brônquico pediculado (Ch. Jackson).

★ No colapso, que é também uma apneumatose, a obstrução brônquica não se dá e a função respiratória, em geral, não está comprometida. Então o frêmito deveria estar aumentado. Mas o colapso



FIG. 12

Esquema de atelectasia bilateral por membrana diftérica. Em inspiração a membrana fecha o brônquio. (Ch. Jackson).

se dá por uma compressão que, quase sempre, se exerce de fora para dentro: os derrames pleurais, o pneumotorax, etc., compressões essas que determinam a coaptação passiva das paredes alveolares. Essas



FIG. 13

Esquema de Ch. Jackson sobre os três tipos valvulares de obstrução brônquica por tumor (apud Palacio-Mazzei).

A — comunicação livre nos dois tempos; B e C — comunicação livre em expiração, obstrução em inspiração. D — obstrução nos dois tempos, com atelectasia.

causas compressivas, por sua vez, abafam o frêmito que deveria estar aumentado.

Aqui o brônquio conduz as vibrações, o parênquima colapsado as recebe e as transmite sem o abafamento que se dá normalmente, mas a parede não convibra por estar tensa demais, como veremos ao deante, em outro lanço deste trabalho.

4 — Finalmente pode-se ter a diminuição do frêmito em uma zona, sendo, parte por atelectasia, parte por enfisema. É bastante imaginar-se uma válvula colocada de modo tal que, na inspiração, permita a entrada de ar em um brônquio A e a não entrada em outro B; e na expiração saída neste B e não saída em A. Estabelece-se um enfisema no território de A e a atelectasia no de B. Na zona A + B ocorre diminuição na intensidade das vibrações parietais (fig. 10).

C) COMPONENTE PLEURAL

Parece paradoxal que os derrames pleurais amortecem o andamento do frêmito, uma vez que os líquidos são bons condutores acústicos.

Parece apenas, porque o exame dos fatos físicos dá o entendimento satisfatório daquilo que a exame menos porfiado passava como não sujeito às leis do movimento vibratório.

A capacidade de conduzir o som, esta os derrames a exibem. A prova está na percussão auscultada: percute-se em uma determinado ponto da parede torácica e o som, através do líquido recolhido na cavidade pleural, aflora à tona do peito, em outro lado. O transvasamento da pleura não só não amorteceu, mas antes, incrementou a transmissão.

Porque, então, ao frêmito, falece a evidenciação uma vez que ele também é consequência de movimento vibratório?

1 — O derrame distende a parede do peito. É esta, talvez, a razão maior de silêncio dessa parede, de incapacidade física para responder às solicitações vibratórias que lhe vêm do pulmão.

a) Normalmente os comprimentos de onda das vibrações que vêm do pulmão estão compreendidas entre aquelas que a parede pode dar. Por essa razão, sempre é possível que, por consonância, parede e pulmão convibrem.

b) A parede estando distendida pelo derrame, líquido ou gazozo, os segmentos que a compõem ficam sob tensão muito grande. Ora, a variação de tensão faz variar o comprimento de onda que a parede pode emitir: deixa de haver igualdade de frequência entre parede e pulmão. Daí impossibilidade de consonância, com a consequente mudez da parede, apesar de o movimento vibratório oriundo do pulmão atravessar o derrame.

Tanto isto é verdade que nos derrames líquidos, em lâminas extensas e de pequena espessura, sem distensão parietal, o frêmito não diminue de intensidade. Antes, até, se exalta, porque a pequena compressão do pulmão, por colpaso, crea condições parênquimais ótimas para seu andamento.

2 — O contacto do líquido com a parede amortece, sem dúvida, alguma vibração que esta possa exhibir. É mesmo, para Norris e Landis, "the paramount cause" da diminuição na intensidade do frêmito.

3 — Os espessamentos pleurais, quando puros, não diminuem a transmissão do frêmito. O paquipleuriz só dá abolição, como afirma o grande Cova, quando não existe elisão da cavidade pleural, fato que se pode comprovar no tratamento pelo pneumotorax artificial.

AUMENTO DO FRÊMITO

A) COMPONTE TUBULAR: OS BRÔNQUIOS

Se a diminuição da luz bronquial determina atenuação na intensidade do frêmito é lógico raciocinar que o aumento dessa luz produza sua exaltação. Isso se dá.

1 — Havendo caminho mais amplo para a propagação das ondas, atinge o parênquima maior porção de uma mesma onda.

Imagine-se uma fonte sonora F e uma frente de onda A, com uma certa energia e que caminha no pulmão. Progridem apenas as porções que percorrem os brônquios. Vê-se na figura 15 que quanto maior a secção do bronquio maior porção da frente de onda atinge a parede e também maior energia.

Como essa maior energia vai-se distribuir ao mesmo território, pois que o aumento do calibre bronquial não condiciona maior quantidade de parênquima tributário, nem de parede correspondente, segue-se que vai ser utilizada para produzir deslocamentos mecânicos mais intensos: o frêmito é então reforçado. A maior intensidade do frêmito no pulmão direito se dá somente porque é mais calibroso o brônquio direito que o esquerdo (5).

2 — Nas bronquiectasias, em que ha aumento da luz do sistema tubular, o aumento na intensidade se faz por esse mecanismo.

3 — As cavernas que se abrem em um brônquio funcionam como elemento que permite maior transmissão das ondas, do mesmo modo que um brônquio dilatado. Por isso aumentam o frêmito. Veremos que o parênquima condensado que as circunda é outro fator coadjuvante desse aumento.

(5) Veja a nota n.º 4, à pag. 48.

B) COMPONENTE PARENQUIMAL: OS ALVÉOLOS

Vimos que a capacidade condutora de um corpo varia com sua densidade. O pulmão denso é propício à propagação do frêmito (6).

$$\text{Retomemos a fórmula } D = \frac{P}{V}.$$

Para que D aumente é preciso:

- 1.º) que P aumente, V ficando constante;
- 2.º) que V diminua, P ficando constante.

1 — Para que o peso aumente é preciso que haja afluxo de substâncias ou para dentro do alvéolo ou para a sua parede. Essas substâncias serão sólidas ou líquidas.

No alvéolo entra sangue nas hemorragias, exsudato nas inflamações, transsudato nas congestões ativas ou passivas, massas fibrinosas nas pneumonias e broncopneumonias células neoplásicas nas neoplasias, massas caseosas na tuberculose.

Nas paredes interaveolares penetra líquido por imbebição, substâncias sólidas nas fibróses, elastoses, neoplasias.

2 — Para que o volume diminua é necessária uma retração fibrosa secundária ou uma compressão, com conseqüente colapso, por derrame pleural, pneumotorax, derrames pericárdicos, tumores mediastinais, hipertensão abdominal, aneurisma.

No caso das fibroses ao mesmo tempo que o peso aumenta diminui o volume, por retração do tecido conjuntivo. Desse modo nos dois sentidos aumenta a densidade.

No colapso, apesar da permeabilidade bronquial, o frêmito nem sempre está aumentado. O parênquima densificado transmite-o, mas os derrames, o pneumotorax, etc., distendem a parede, que não vibra com o pulmão, como já se viu.

3 — Vimos atrás que o frêmito é um fenómeno expiratório e que as condições ótimas para que o parênquima vibre com intensidade não se encontram nessa fase do ciclo respiratório.

Vimos também que a propagação das ondas é impedida, em parte, pelo ar expulso do alvéolo.

(6) No fórmula $I = \frac{1}{2} mv^2$ se considerarmos m como unidade de volume, ele pode ser substituído por D, densidade do meio:

$$I = \frac{D}{2} v^2.$$

Vê-se que, em iguais condições de amplitude e período, a intensidade das ondas sonoras é tanto maior quanto mais elevada é a densidade do meio em que se produz um som ou um rumor (Valle).

No parênquima infiltrado, porem, a função respiratória está diminuída de muito. O ar que penetra nos recessos parenquimais e que deles se escoia é pouco. Então nos brônquios solidários com essas regiões circula pouco ar também. Não ha assim aquela resistência oferecida pelas fortes correntes expiratórias à propagação das ondas, propagação que se processa agora, com relativa facilidade, nos meios gazozos que se estagnam nos brônquios e bronquíolos, tributários de alvéolos funcionalmente impotentes.

4 — Nessas infiltrações as paredes alveolares não estão distendidas mais intensamente, mas como os alvéolos estão cheios, ha maior homogeneidade do conjunto, o que facilita a propagação de vibrações.

Sabe-se que os movimentos oscilatórios se transmitem tanto melhor quanto mais homogêneo é o meio. Por isso, a luz, que é um movimento oscilatório, atravessa com muito maior facilidade uma toalha molhada do que uma sêca: a agua que embebe, por capillaridade, as malhas da toalha e os interstícios dos fios faz o conjunto muito mais homogêneo com a consequente passagem da luz (7).

Por essas mesmas razões as condensações pulmonares propiciam a propagação do frêmito.

5 — Entretanto essas condensações para funcionarem como elemento bom condutor devem atingir a periferia do órgão. É claro que um condutor para levar alguma coisa de A a B tem necessariamente de chegar até B.

Ora as condensações centrais, e por isso centrais, não vão até a superfície do pulmão. Não podem assim transmitir-lhe um frêmito aumentado. Se a condução se faz bem dentro dos seus limites, assim que atinge parênquima são, sofre o abafamento que é determinado pelos tecidos ricos em gaz. As figuras 16 e 17, copiadas do livro de Berconsky-Martinez elucidam o que dissemos.

6 — A frequência específica do pulmão vai, como vimos, de 90 a 140 vibrações por segundo, tanto no homem como na mulher. Havendo entretanto um aumento na sua densidade essa frequência específica aumenta, pois frequência é função de densidade. Assim o pulmão densificado patológico se “afina” para a mulher e participa por consonância, da intensificação do frêmito.

No homem, no entanto, é a condutibilidade o elemento que primeiramente deve ser considerado. Em verdade, adensando-se o parênquima a consonância tende a diminuir. Mas ao mesmo tempo melhoram as condições desse meio para a propagação ondulatória.

Tanto em um como em outro caso o resultado final é o aumento da intensidade do frêmito.

(7) Havendo homogeneidade do conjunto a refração e a reflexão se fazem de modo aproximado para todos os elementos constituintes. Haverá então somente um desvio em paralaxe do raio luminoso com diminuição de intensidade pela absorção e por reflexão.

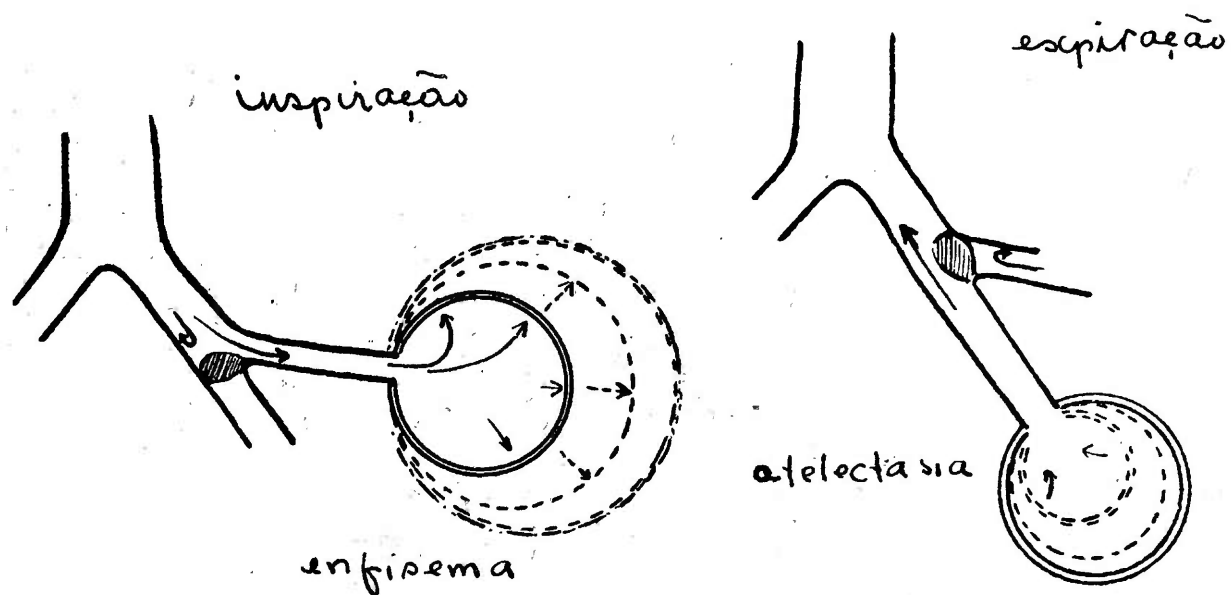


FIG. 14

Esquema que mostra o mecanismo de ação de uma válvula na formação do enfisema e da atelectasia.

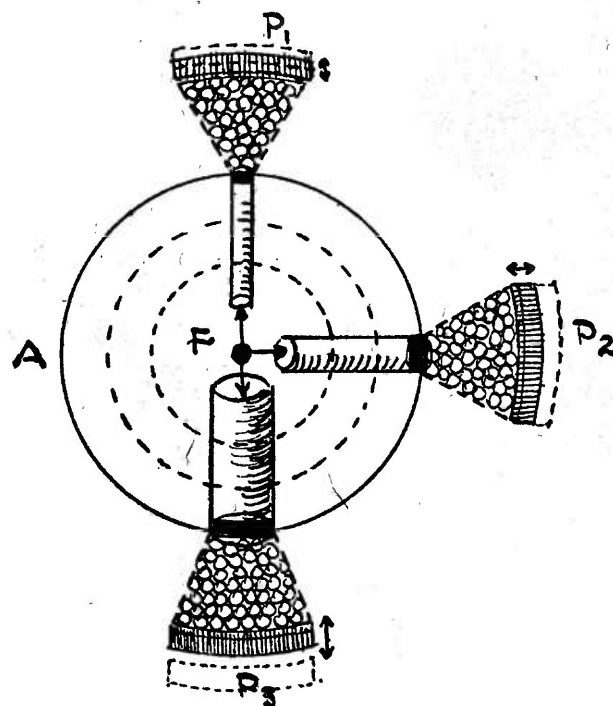


FIG. 15

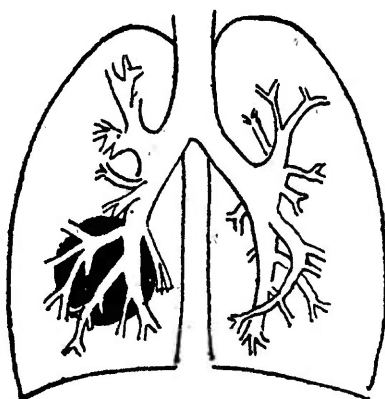


FIG. 16

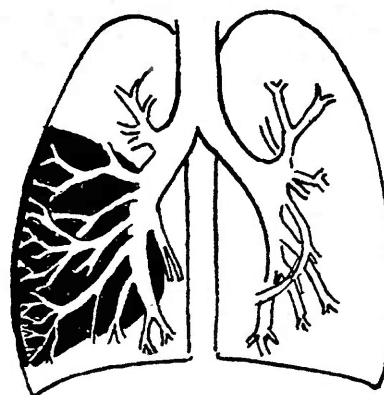


FIG. 17

BIBLIOGRAFIA

- 1 — BEST e TAYLOR — The Physiological basis of medical practice. — Baltimore, 1937.
- 2 — BOTTAZZI, Filipo — Trattato di Fisiologia, Vol. II, Milano, 1938.
- 3 — CARPI, Umberto — Manuale di Semeiotica medica. Milano, 1938.
- 4 — COSSIO, Pedro — Aparato circulatorio. Buenos Aires, 1940.
- 5 — COVA, Felice — Semeiotica polmonare ragionata. Bologna, 1934.
- 6 — DESSAU, Bernardo — Manuale di Fisica. 3 vol., Milano, 1938.
- 7 — GANOT-MANEUVRIER — Traité élémentaire de Physique, Paris, 1938.
- 8 — MARAGE — Petit manuel de physiologie de la voix à l'usage des chanteurs et des orateurs. Paris, 1911.
- 9 — MARTINEZ-BERCONSKI — Aparato respiratorio, B. Aires, 1939.
- 10 — MONTEIRO, Eduardo — Propedeutica respiratoria. S. Paulo, 1925.
- 11 — NORRIS e LANDIS — Diseases of the chest and the principles of Physical diagnosis. 5.^a ed., 1936.
- 12 — PALACIO-MAZZEI — La Atelectasia pulmonar. B. Aires, 1937.
- 13 — PARODI — La mécanique pulmonaire, Paris.
- 14 — POLICARD, A. — Le poumon. Paris, 1938.
- 15 — SAHLI, H. — Manuale dei metodi clinici d'esame. Trad. italiana de Castellino Jor., 1935.
- 16 — TRENCH, N. F. e TELLES, F. S. — Considerações sobre o papel da atelectasia pulmonar na evolução pre e posoperatoria dos empiemas pleurais. Revista de Medicina, Set. de 1939, N.º 69.
- 17 — VALLE, Giorgio — Acustica (in Trattato di Fisica Sperimentale), Milano, 1928, 1 vol..
- 18 — VIEIRA ROMEIRO — Semiologia medica, Rio, 1937.